



# Conception d'un système de récupération d'énergie très large bande

Jérôme Tissier, Mohamed Latrach

## ► To cite this version:

Jérôme Tissier, Mohamed Latrach. Conception d'un système de récupération d'énergie très large bande. Journées Nationales Microondes (JNM 2013), May 2013, Paris, France. hal-01130068

**HAL Id: hal-01130068**

**<https://hal.science/hal-01130068>**

Submitted on 11 Mar 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Conception d'un système de récupération d'énergie très large bande

Jérôme Tissier<sup>1,2</sup>, Mohamed Latrach<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Groupe Radio et Hyperfréquences, Département Electronique et Sciences Physiques, ESEO  
10 Bd Jeanneteau, CS90717 49107, Angers cedex 2

<sup>2</sup>I.E.T.R., U.M.R 6164 de l'Université de Rennes 1  
2 rue du Thabor, CS46510, 35065 Rennes Cedex

jerome.tissier@eseo.fr

### Résumé

Cet article présente la réalisation d'un système très large bande pour des applications de transfert et de récupération d'énergie. Il est constitué d'un circuit de redressement et d'une antenne. Le circuit de redressement, réalisé en technologie MMIC, a été validé expérimentalement sur des bandes de fréquences allant de 434 MHz jusqu'à 20 GHz, ce qui lui permet d'être opérationnel sur de nombreuses bandes de fréquences. Des pistes d'augmentation du niveau de tension redressé par des circuits élévateurs sont également proposées. Enfin, une antenne spirale large bande est présentée, dans le but de réaliser un rectenna complet.

### 1. Introduction

De nos jours, les concepts de transfert et de récupération d'énergie deviennent un des sujets majeurs de la recherche. Les applications sont multiples : approvisionnement en électricité de zones isolées ou accidentées, télé-alimentation de capteurs, de systèmes d'identification sans contact, de téléphones portables et bien d'autres encore. En fonction de l'application visée, on peut utiliser soit des sources existantes (téléphonie mobile, WIFI...) ou soit une source propre et dédiée, ce qui sera plus particulièrement notre cas d'étude. Il est important que le système de récupération d'énergie réalisé soit large bande pour pouvoir s'adapter à n'importe quelle bande de fréquences à travers le monde. Les travaux que nous présentons dans cet article s'inscrivent dans ce cadre, par la réalisation à la fois d'un circuit de redressement très large bande et d'une antenne large bande pour réaliser un système complet de rectenna large bande.

### 2. Circuit de redressement très large bande

#### 2.a. Circuit étudié

Le circuit étudié est constitué d'une diode Schottky sans polarisation, d'une résistance, d'une capacité jouant le rôle de filtre passe-bas et d'une résistance de charge pour récupérer la tension redressée [1]. Il a été réalisé sur substrat de GaAs avec la technologie ED02AH de

OMMIC et a pour dimensions 1.5 mm \*0.5 mm (figure 1).

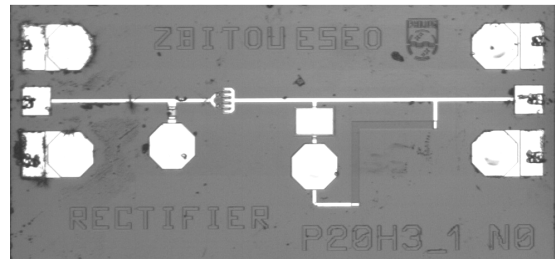


Figure 1. Circuit redresseur MMIC réalisé

Sur la figure 2, nous représentons la mesure de l'adaptation en entrée du circuit MMIC. On obtient une bonne adaptation ( $S_{11} < -10$  dB) sur une très large bande (20GHz de bande).

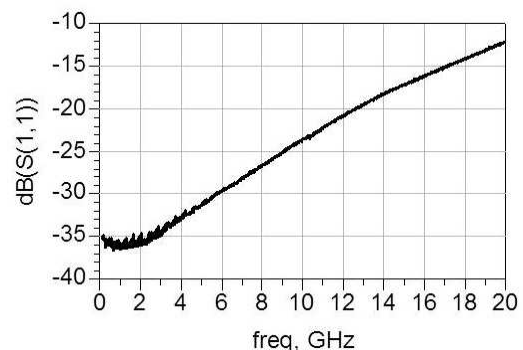
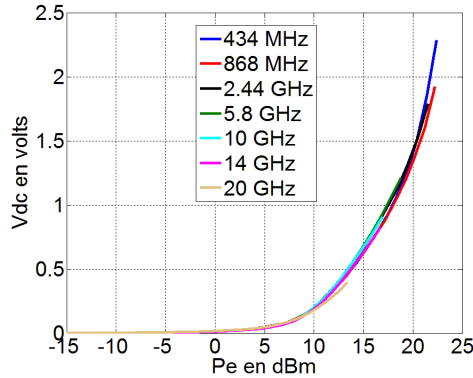


Figure 2. Mesure sous pointes de l'adaptation en entrée du circuit redresseur

Ce caractère très large bande est confirmé par les mesures sous pointes de la tension continue redressée en fonction de la puissance et de la fréquence (figure 3). On remarque en effet que la tension continue obtenue pour les différentes bandes testées (de 434 MHz à 20 GHz) est très proche.

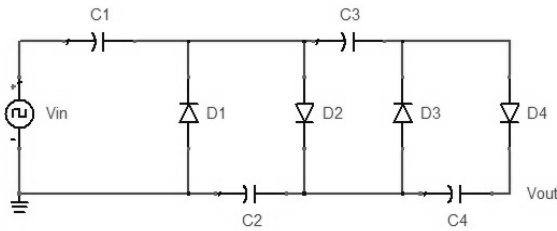


**Figure 3. Tension continue redressée en fonction de la puissance d'entrée et de la fréquence**

Le niveau de tension redressée n'étant cependant pas suffisant, nous avons envisagé plusieurs pistes d'amélioration possibles de notre circuit redresseur.

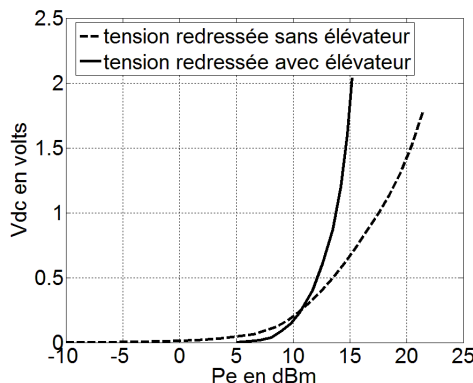
#### 2.b. Amélioration de la tension redressée par circuit élévateur en sortie du redresseur.

Ces travaux s'inspirent de ceux réalisés par L. H. Trinh et al. dans [2]. Le circuit élévateur (topologie de « Villard cascade ») présenté figure 4 a été placé directement en sortie du redresseur MMIC. Il a été réalisé avec des composants du commerce basse fréquence (4 diodes 1N4148 et 4 capacités céramiques) donc il a l'avantage d'être très bas coût.



**Figure 4. Circuit élévateur (topologie de « Villard Cascade »)**

Les résultats de la figure 5 nous montrent l'amélioration importante de la tension redressée en sortie de ce circuit élévateur, surtout pour des puissances élevées.



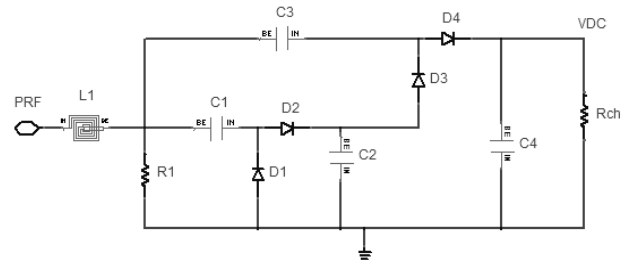
**Figure 5. Comparaison de la tension redressée avec ou sans élévateur à 2.44 GHz**

L'inconvénient majeur de ce type d'élévateur est qu'il a besoin d'une tension sinusoïdale ou carré en

entrée pour fonctionner, générée ici à l'aide d'une modulation d'amplitude ASK/OOK de la porteuse. Cela impose donc d'avoir une source avec une modulation bien définie, ce qui va à l'encontre du système universel que l'on cherche à obtenir. Voilà pourquoi nous avons orienté notre recherche vers un autre type de redresseur, basé sur la topologie à pompe de charge de Dickson [3].

#### 2.c. Redresseur avec élévateur de tension intégré

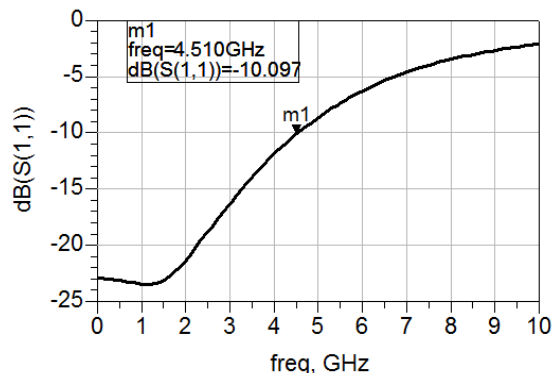
Le circuit étudié est présenté sur la figure 6.



**Figure 6. Nouveau redresseur étudié avec élévateur de tension intégré (topologie à pompe de charge de Dickson)**

Il est constitué d'une inductance spirale et d'une résistance en entrée pour l'adaptation, de 4 diodes Schottky et de 4 capacités MIM connectés en circuit à pompe de charge de Dickson et d'une résistance de charge pour récupérer la tension redressée.

Les résultats de simulation de l'adaptation en entrée de notre nouveau redresseur sont présentés sur la figure 7.

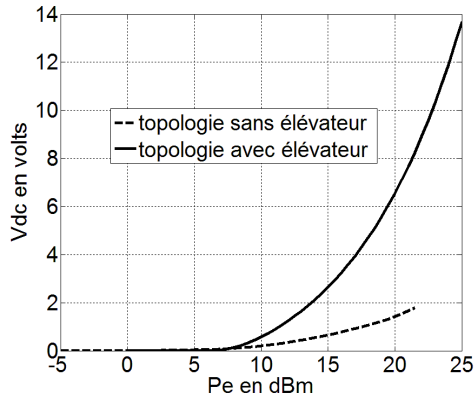


**Figure 7 Résultats de simulation de l'adaptation en entrée du circuit redresseur avec élévateur de tension intégré**

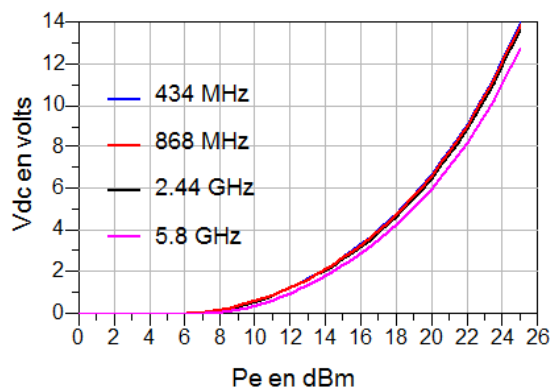
On obtient une bonne adaptation ( $S_{11} < -10$  dB) sur une large bande (4.5 GHz de bande). La bande est cependant réduite par rapport à celle obtenue avec la topologie à une seule diode. On pourrait élargir la bande d'adaptation en améliorant et complexifiant le circuit d'adaptation en entrée. Cependant, l'antenne sur laquelle sera intégré notre redresseur ayant un fonctionnement limité entre 868 MHz et 2.48 GHz (cf paragraphe 3), nous n'avons pas jugé nécessaire et primordial de développer ce point pour l'instant.

Les résultats de simulation de la tension continue redressée de notre nouveau redresseur à élévateur intégré sont présentés sur les figures 8 et 9. Sur la figure 8, nous

comparons le niveau de tension redressée obtenu à 2.44 GHz avec celui obtenu en 2. a., avec une topologie à une seule diode sans élévateur. Sur la figure 9, nous présentons l'évolution de la tension redressée de notre nouveau redresseur en fonction de la puissance RF incidente, pour différentes fréquences.



**Figure 8. Comparaison de la tension redressée à 2.44 GHz, avec ou sans élévateur**



**Figure 9. Comparaison de la tension redressée en fonction de la fréquence**

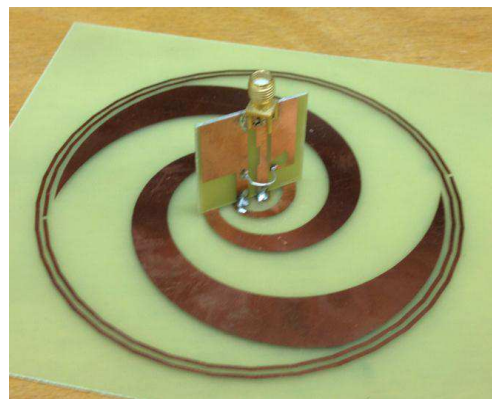
La tension continue redressée est là encore beaucoup plus importante avec cette topologie de redresseur à élévateur, comparée à une topologie à base d'une simple diode. Ceci est d'autant plus vrai à puissances élevées (à partir de 10 dBm). La figure 9 nous montre également la faible dispersion de la tension redressée en fonction de la fréquence qui confirme le caractère large bande de ce redresseur à élévateur de tension intégré.

De plus, ce redresseur à l'avantage de ne pas nécessiter de modulation particulière pour fonctionner, contrairement à celui présenté en 2. b. On peut également remarquer, en comparant les figures 5 et 8, que la tension continue redressée est plus importante avec ce redresseur qu'avec celui présenté en 2. b.

### 3. Antenne spirale large bande

Pour valider notre circuit de redressement large bande, nous avons également besoin d'une antenne large bande, pour réaliser un rectenna large bande complet.

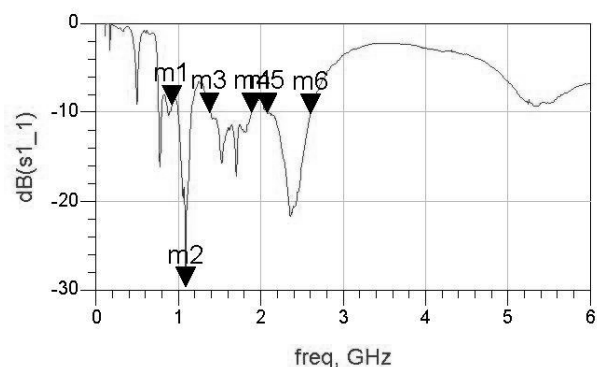
L'antenne réalisée, présentée figure 10, est basée sur une structure classique d'antenne spirale [4]. Elle a été optimisée pour fonctionner sur la bande UHF 868 MHz/920 MHz, la bande GSM 1800 MHz, la bande UMTS 2100 MHz et la bande WIFI 2,4/2,48 GHz. La première innovation que nous avons apportée a été l'ajout de 2 cercles métalliques autour de l'antenne spirale possédant chacun une encoche (désigné par le terme SRR) dans le but d'élargir sa bande de fréquence de fonctionnement, en particulier vers les basses fréquences. La seconde innovation a été dans l'optimisation et l'intégration du balun, pour qu'il s'insère le plus naturellement possible sur la structure différentielle de l'antenne (figure 10).



**Figure 10. Antenne large bande réalisée et son balun associé.**

L'antenne a été réalisée sur un substrat de type FR4, d'épaisseur 0.8 mm, sans plan de masse. Elle mesure 10 cm par 10 cm pour une hauteur de 2 cm, balun compris.

La mesure de l'adaptation de l'antenne est présentée sur la figure 11.



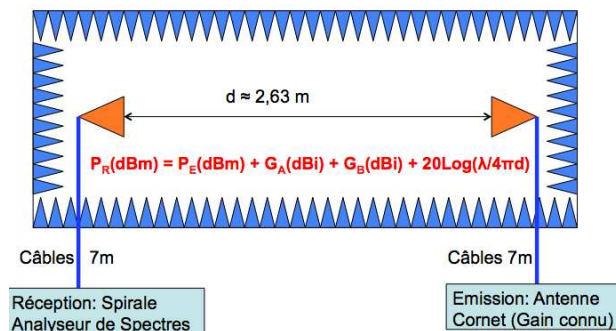
**Figure 11. Mesure de l'adaptation de l'antenne**

Comme nous pouvons le voir sur la figure 11, l'antenne apparaît comme adaptée entre 918 MHz et 1.08 GHz, entre 1.4 et 1.9 GHz et entre 2.08 et 2.6 GHz.

Finalement, l'antenne est adaptée sur toutes les bandes de fréquences souhaitées, à l'exception de celle à 868 MHz.

Nous avons également mesuré le gain maximal de l'antenne sur les différentes bandes de fréquences, en chambre anéchoïque.

Pour cette mesure de gain nous avons utilisé la méthode de mesure directe. C'est à dire qu'en utilisant l'équation des télécommunications (ou équation de Friss) et en utilisant une antenne dont le gain est connu pour diverses fréquences (antenne cornet d'émission de la chambre) nous pouvons déterminer le gain de notre antenne qui est la seule inconnue de l'équation (figure 12).



**Figure 12. Protocole utilisé pour la mesure du gain en chambre anéchoïque**

Les pertes des câbles de la chambre ont été mesurées pour chaque fréquence, pour avoir une mesure de gain la plus précise possible.

Par cette méthode, nous avons pu mesurer le gain de notre antenne spirale pour différentes fréquences. Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau 1.

Fréquence (GHz)	Gain (dBi)
0.75	7.8
1	6
2	6.6
2.5	4.2

**Tableau 1. Mesure du gain de l'antenne spirale en fonction de la fréquence**

#### 4. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté un système très large bande pour des applications de transfert et de récupération d'énergie. Chaque élément de notre rectenna ayant été validé séparément en mesure, il nous reste à intégrer la puce MMIC sur l'antenne, pour valider le fonctionnement complet de notre rectenna. Des pistes d'amélioration de la tension redressée ont également été explorées et devront l'être encore, pour améliorer la tension redressée à faible puissance (changement de technologie, autre topologie de redresseur).

#### 5. Bibliographie

- [1] J. Zbitou, M. Latrach, S. Toutain « *Hybrid rectenna and monolithic integrated zero-bias microwave rectifier* », IEEE Transactions on MTT, Vol. 54, n°1, January 2006
- [2] L.H. Trinh, T.Q.V. Hoang, F. Perret, F. Ferrero « *Conception d'une rectenna à 433 MHz pour réseau de capteur* », AG GDR Ondes, Nice, 24-26 octobre 2011
- [3] U. Olgun, C.C. Chen, J.L. Volakis "Wireless power harvesting with planar rectennas for 2.45 GHz RFIDs," URSI International Symposium on Electromagnetic Theory, pp. 329-331, August 2010.
- [4] C. A. Balanis, *Antenna Theory : Analysis and Design*, New York: J. Wiley & Sons, 1982, 1997.